

SZAKMAI BESZÁMOLÓ

Vezető kutató: Dr. Veres Gábor
OTKA szám: F 49823
Futamidő: 2005. jan. 1 - 2008. dec. 31.
Összköltség: 3,668 Mft



Bevezetés

Munkatervemmel összhangban a négy éves futamidő alatt a pályázat által nyújtott támogatást a nagy transzverzális impulzusú részecskék fizikájának kísérleti vizsgálatára fordítottam két kísérletben: a RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) részecskegyorsító PHOBOS nevű, és az LHC (Large Hadron Collider) gyorsító CMS (Compact Muon Solenoid) nevű együttműködésében. Ehhez a témához kapcsolódva nemcsak azonosított és azonosítatlan töltött részecske-spektrumok mérését végeztem, hanem a nagy transzverzális impulzusú részecskék és a nehézion-ütközésekben keletkező nagyszámú többi részecske korrelációját is vizsgáltam. Kutatásaimat emiatt kibővítettem a nehézion-ütközések általános jellemzőinek (pszeudorapiditás-eloszlások, elliptikus folyás és annak fluktuációi, korrelációk) feltérképezésével is. Az CMS kísérlet 2009-ben várható első adatfelvételére való felkészülésben is jelentős szerepet vállaltam a nagy transzverzális impulzusú részecskék és jet-ek analízisében, ugyanakkor az általánosabb, de nem kevésbé fontos részecske-eloszlások témakörében is végeztem további munkát, az első CMS publikációkra készülve.

Beszámolómból és közleményjegyzékemből kihagytam a fentiekhez nem kapcsolódó számos egyéb munkát. Mivel a CMS és PHOBOS kísérletekben sokszerzős publikációkban jelentetjük meg az eredményeinket, és a szerzők sorrendje mindig betűrend szerinti, fontosnak tartottam saját konferencia-szerepléseimet (előadás, meghívott és plenáris előadás, poszter) is szerepeltetni a közleményjegyzékben, illetve külön felsorolásban. Ezek egyrészt a nagy együttműködésben végzett önálló munkám azonosítható indikátorai, másrészt a pályázati támogatás jelentős részét fordítottam konferencia-részvételre. Számos olyan fontosabb közlemény is szerepel a jegyzékben, amelyek csak 2009-ben fognak megjelenni – már elfogadásra illetve beküldésre kerültek – de munkát még a fenti futamidő alatt fordítottam rájuk. Az itt csatolt, tematikusan rendezett publikációs jegyzékem megegyezik az otka.hu internetes oldalon a beszámolóhoz kapcsolódóan rögzített listával. Az alábbiakban a fenti témakörök szerint végzett tevékenységemet foglalom össze, néhány ábrával is illusztrálva.

A) Azonosítatlan nagy transzverzális impulzusú (p_T) töltött hadronok, jet-ek fizikája

A futamidő első fél évében a PHOBOS kísérletben az azonosítatlan részecske-spektrumok kiértékelésére koncentráltam. A korábban rögzített adatokból kimutattuk a transzverzális impulzus (p_T) spektrumok centralitás-függésének az ütközési energiától való függetlenségét [1], azaz az ütközési energia és a centralitás egyfajta faktorizációját. A kis p_T -vel rendelkező részecskék mérésére eredetileg tervezett PHOBOS apparátus méréstartományát sikerült az általam korábban épített trigger detektor segítségével kiterjeszteni, és az így kapott eredményeket aktív részvételemmel kiértékelni és publikálni [1, 2, 3].

A 2005. év első harmada ugyanakkor a PHOBOS utolsó aktív mérési időszaka is volt. Egyik feladatom a mérés megtervezésében való részvétel volt: annak a megbecslése, hogy mennyi

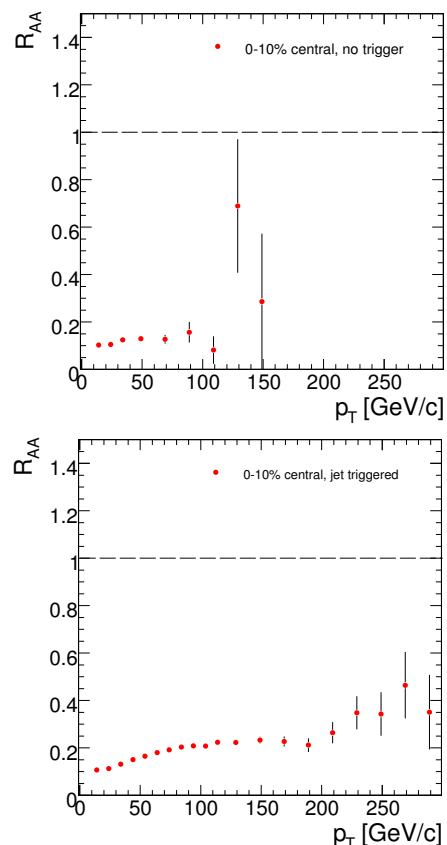
nagy transzverzális impulzusú (p_T) részecskékre fog keletkezni Cu+Cu ütközésekben, ez milyen mérési pontosságot tesz lehetővé, és milyen triggerfeltételeket célszerű használni. Az ütközések közül azokat válogattam ki az on-line trigger segítségével, amelyek a detektor szempontjából a leghasznosabb térbeli helyen történtek. 2005 első négy hónapjában a PHOBOS kísérlet egymilliárd ütközés adatait rögzítette, többet, mint előtte négy év alatt összesen. Ez lehetővé tette a nagy transzverzális impulzusú részecskék hozamának vizsgálatát kis statisztikus hibával.

A vizsgálatok megmutatták, hogy az ütközésben részt vevő nukleonok számára normált hozamok a Cu+Cu és Au+Au ütközésekben hibahatáron belül megegyeznek, ha a kétfajta ütközést úgy hasonlítjuk össze, hogy mindkettőben azonos számú résztvevő nukleon legyen (ami off-line szelekcióval elérhető) [4]. Ebben az analízisben is aktívan részt vettem. Emellett publikáltuk a PHOBOS addig elért legfontosabb eredményeit összefoglaló 92 oldalas ún. White Papert [5], melyre azóta több mint 500 hivatkozás érkezett. Ebben is szerepelnek a nagy transzverzális impulzusú részecskékre irányuló vizsgálataim, ábráim.

2005-ben a PHOBOS vezetése kiválasztott arra, hogy a kísérletet egy összefoglaló plenáris előadással képviselhessem a Rencontres de Moriond konferencián [6]. A PHOBOS adatainak energiafüggését vizsgálva megjósoltam az LHC gyorsítón a kísérleti adatok univerzális tulajdonságai alapján várható részecskesűrűséget. Én képviselhettem a PHOBOS kollaborációt egy meghívott plenáris előadással a 2005-ös RHIC-AGS Users Meetingen is (BNL, USA) [7]. A nagy transzverzális impulzusú részecskékkal és ezek korrelációival foglalkozó munkánkat később a Hard Probes 2008 konferencián is bemutattam, majd egy önálló, már online formában megjelent cikkben foglaltam össze [8].

2005 második felében elkezdtem a munkát a CERN CMS kísérletben is. Mivel az első nehézion-ütközések az LHC-ben csak 2010 végén lesznek, a munka a mérésekre való felkészülés volt, azok részletes kidolgozásával szimulált adatokon. Első célom a CMS kalorimétereinek segítségével önálló jet-ek azonosítása volt nehézion-ütközésekben, ideértve az energia-spektrumuk vizsgálatát, illetve a jet energia-veszteségének mérésére való felkészülést. 2006-ban az én feladatom volt a jet-kereső algoritmusok implementálása a HIROOT nevű szoftvercsomagba, amit kollégáimmal arra fejlesztettünk ki, hogy nehézion-események gyors Monte-Carlo generálása, és az eredmények gyors analízise lehetővé váljon. Itt elsősorban arra koncentráltunk, hogy a nehézion-eseményeket eseménygenerátor-szinten vizsgáljuk, mérendő mennyiségeket javasoljunk, mielőtt ezeket teljes detektor-szimulációval teszteljük. A RHIC gyorsítónál szerzett ismeretek alapján az ún. jet quenching jelenségét, nukleáris elnyomási faktorok mérését (hadronokra és jetekre), a jet trigger hasznosságát, jet-jet korrelációkat vizsgáltunk. Megmutattuk, hogy többlépcsős jet trigger használatával a tervezett LHC luminozitás mellett a nukleáris modifikációs faktorok mérési tartománya (transzverzális impulzusban) a többszörösére növelhető (1. ábra).

Ez a munka a CMS Physics Technical Design Report



1. ábra: A várható nukleáris modifikációs faktorok egy hónapnyi adatfelvétellel elérhető p_T -tartománya jet triggerrel (lent) és anélkül (fent).

része lett [9], melyben az egyik fejezetet én írtam. A jet quenching és a nukleáris modifikációs faktorok témakörében írtuk meg és a kollaboráció bizottsága előtt megvédtük a CMS Analysis Note-ot [10]. Részben ebből készült a poszterünk a Quark Matter 2006 konferencián [11], valamint a CMS nehézion programját összefoglaló cikkem, ami a Strangeness in Quark Matter 2006 konferencián megtartott előadásomból készült [12]. Az LHC-re készülve az Elméleti Fizikai iskola programjának szervezése mellett az Iskolán a hadronfizikával foglalkozó csoportunk terveit is ismerttettem [13].

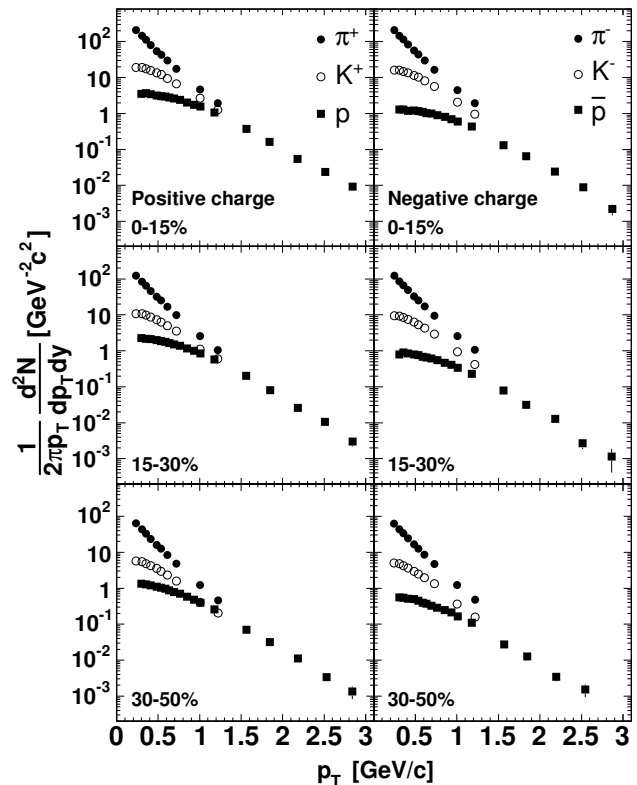
A jet-ek és a nagy transzverzális impulzusú részecskék energiavesztesége tehát fontos témája az LHC nehézion programjának. A CMS-beli nehézion csoportunk által készített foton-jet korrelációs szimulációs analízis a jet fragmentációs függvények méréséről szól, a fotonok kalorimetrikus energiamérési pontosságát kihasználva. A valódi adatokon mért fragmentációs függvények árulkodni fognak a jet-ek, illetve a szóródott partonok energiaveszteségéről az ütközésben nagy térfogatban létrehozott, nagy sűrűségű közegben/plazmában. A részletesen kidolgozott módszer belső bírálatára engem kértek fel. A jetekkel kapcsolatos munkánkat a PANIC 2008 [14] és a Quark Matter 2009 [15] konferenciákon is bemutattam.

B) Azonosított töltött hadronok és arányaik

A nagy impulzusú azonosíthatatlan hadronok és jetek még nem nyújtanak túl részletes információt a nehézion-ütközés dinamikájáról. Nagyon sok kollektív jelenség tapasztalható (radiális folyás, elliptikus folyás, jet-‘közeg’ kölcsönhatás), amelyek vizsgálatához nagyon hasznos a részecskék azonosítása (lehetőleg minél nagyobb transzverzális impulzus tartományt lefedve), illetve a részecskék többségének egyidejű detektálása (amelyek viszont kis impulzusúak). Ez a fejezet az előbbi témával foglalkozik.

2005-ben a proton-proton ütközésekben mért antiproton-proton arány tekintetében a RHIC kísérletei kezdetben nem értettek egyet, ezért fontosnak tartottuk ezt az eredményt, amely a szilícium-detektorainkban leadott fajlagos energiaveszteség mérésén alapult, publikálni [16]. Egy másik kísérlet a RHIC gyorsítónál ennek hatására a saját eredményük felülvizsgálatára és erratum publikálására kényszerült.

A munkám a PHOBOS kísérletben a futamidő első két évében leginkább az azonosított részecskék transzverzális impulzus-spektrumaira koncentrált, mely analízist ekkor már egyedül végeztem a kísérletben. A d+Au ütközésekben mért adatokat korrigáltam a gyenge bomlásokból származó járulékokra, és felfedeztem a spektrumok részecskefajta-független transzverzális tömeg- (m_T) skálázását,



2. ábra: Pozitívan (bal oldal) és negatívan (jobb oldal) töltött hadronok transzverzális impulzus spektruma Au+Au ütközésekben, 62.4 GeV/nukleonpár energián.

amely nehézion-ütközésekre viszont nem teljesült, aminek fontos következménye van az ütközések dinamikájára nézve az adatok interpretációjában.

Emellett kidolgoztam az azonosított részecske-spektrumokat 62.4 GeV/nukleon pár energiájú Au+Au ütközésekben is (**2. ábra**), és megírtam az erről szóló cikket [17]. Ez lett a PHOBOS kollaboráció legrészletesebb cikke a már említett White Paper után, és egyben az első folyóirat-cikk, amelyben az időmérő fal korrigált adatait sikerült felhasználni, valamint az első cikk amelyben azonosított részecske-spektrumokat közöltünk, és amelyben több, különböző technikával működő detektor adatait egyesítettem. Az pályázat célkitűzéseivel összhangban sikerült a részecskeazonosítást (a PHOBOS detektorokkal) minden addiginál nagyobb transzverzális impulzusig kiterjesztenem. Kisebb transzverzális impulzusoknál a detektor szimmetriáit kihasználva pontos antirészecske-részecske arányokat is publikáltunk Cu+Cu ütközésekben [18]. Ez a cikk egy korábbi konferencia-előadásom (Quark Matter 2006) anyagának véglegesítése, amely írásban a *J. Phys. G*-ben jelent meg [19]. Ez a mérés ugyanazon a részecske-azonosítási technikán alapszik, mint amit a CMS kísérletben is használni fogunk (fajlagos energiavesztés mérése).

Ezeket az eredményeket a fentiekén kívül egy meghívott előadásban a Strangeness in Quark Matter 2006 konferencián [20], valamint a Zimányi Téli Iskolán [21] ismerttettem.

C) Pszeudorapiditás (η)-eloszlások

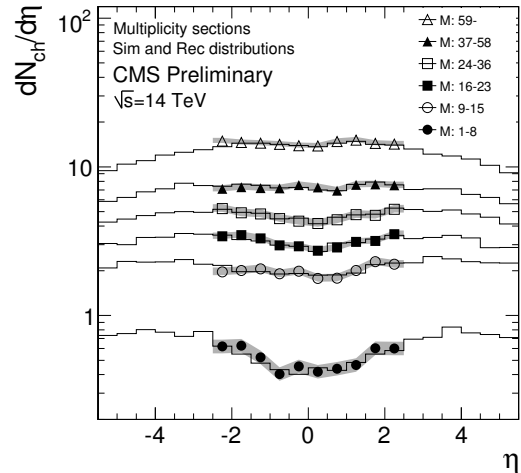
A nagy transzverzális impulzusú részecskék energiavesztését vizsgálva felvetődik a kérdés, hogy az elvesztett energia mire fordítódik, valamint hogy a veszteség hogyan függ az ütközés általános tulajdonságaitól, mint pl. a keletkezett részecskék száma, az ütközés centralitása ill. reakciósíkja. Az adatok értelmezése nem képzelhető el az ütközés általános jellemzése nélkül. Ez a fejezet a részecskesűrűség longitudinális (pszeudorapiditás)-eloszlásával foglalkozik. Ez a valódi adatokon mért $dN_{ch}/d\eta$ eloszlás az eredetileg várt egyenletes eloszlástól nagyon különböző, és nagyon látványos univerzalitási, illetve skálázási és faktorizációs tulajdonságokat mutat.

Ezért fontos, hogy 2005-ben a PHOBOS kísérletben bekerültem a részecskesűrűség-eloszlásokkal foglalkozó összes adatkiértékelés, analízis, publikáció belső bírálói bizottságába. Ennek a bírálói munkámnak számos megjelent publikáció köszönhető, pl. cikkünk a 62.4 GeV energián Au+Au ütközésekben mért pszeudorapiditás-eloszlásról [22], és egy különböző tömegszámú ütköző atommagokat összehasonlító cikk [23], valamint egy, a PHOBOS Vertex detektorait használó speciális, részecskeszám mérésére alkalmas eljárás ismertetéséről [24].

2007-ben egy Cu+Cu és Au+Au ütközések töltött részecske pszeudorapiditás-eloszlásait részletesen, három különböző ütközési energián, a centralitás függvényében összehasonlító publikációt bíráltam, amely az ütközési zóna geometriájának meghatározó szerepével foglalkozik [25], melyet a *Phys. Rev. Letters* folyóirat elfogadott közlésre. Ezeket az eredményeket a Quark Matter 2008 konferencián is bemutattam, amelynek a kéziratát [26] beküldtem az *Indian Journal of Physics*-be.

A 2005-ös Quark Matter konferenciára meghívást kaptam egy összefoglaló plenáris előadás tartására a nagy rapiditásoknál megfigyelhető fontosabb részecske-keltési eredményekről [27]. 2007-ben a Four Seas konferencián a RHIC eredményeit és a tervezett kísérleti fejlesztéseket ismerttettem meghívott előadásomban [28], valamint az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Fizikus Vándorgyűlésén [29] tartottam előadást a RHIC gyorsítónál megfigyelt látványos skálázási tulajdonságokról. Hasonló témában készült el a töltött részecskék számának skálázási tulajdonságairól szóló, szintén általam ellenőrzött publikációnk [30], és amelyre a *Phys. Rev. C*-től kapott bírálatot már megválaszoltuk.

A PHOBOS kísérletben alkalmazott módszert alapul véve kidolgoztuk a töltött részecskék pszeudorapiditás-eloszlásának mérését is a CMS kísérletben [31]. Ezt a mérést úgy terveztük, hogy ne legyen szükség a részecskék nyomkövetésére (tracking, vertexing), illetve ne legyen szükség a szilícium detektor pontos pozicionálására, mivel ezt a mérést csak az LHC beindulásakor, kis luminozitás mellett lehet elvégezni. Ezt a *CMS Analysis Note*-ot illetve a hozzá tartozó, nyilvános *Physics Analysis Summary*-t 2008 nyarán a nehézion és a QCD munkacsoport, CMS hivatalos belső bírálói, valamint a Physics Coordinator és a Spokesperson is elfogadta, és javasolták a CMS egyik első publikációjának (3. ábra). Ez a CMS egyik elfogadott, magyar szerzőjű fizikai analízise¹. Mindezt a 2008-as Zimányi Téli Iskolán is ismerttettem [32].



3. ábra: Az LHC-nél p+p ütközésekben várható pszeudorapiditás-eloszlások és szimulációból rekonstruált megfelelőik, multiplicitás-osztályokban.

D) Korrelációk (pl. nagy transzverzális impulzusú trigger-részecskékkel), fluktuációk (pl. elliptikus folyás fluktuációi)

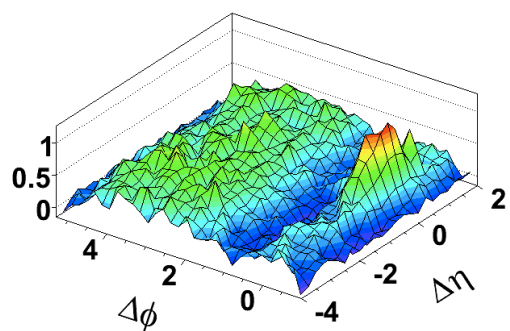
A nagy transzverzális impulzusú részecskék mérése mellett a PHOBOS kísérletben a figyelmünk egyre inkább a fluktuációk és korrelációk mérésére irányult, mert ezek olyan információkat is elárulnak a nehézion-ütközések dinamikájáról, amelyek a jóval egyszerűbben mérhető részecske-spektrumok és globális jellemzők mérése nem adhat. Ezekre a mérésekre a nagy térszöget lefedő PHOBOS detektor igen alkalmas. A PHOBOS kísérletben mértük meg először, hogy nehézion-ütközésekben a szisztematikusan, nagy térszögben mért ún. elliptikus folyásnak (áramlásnak) mekkora eseményenkénti fluktuációi vannak, és azt is, hogy ez meglepő módon konzisztens az atommagok ütközési zóna-excentricitásának fluktuációival – mintha csak egyedül a nukleonok geometriai elrendezésének lenne szerepe az elliptikus folyás (fluktuációinak) kialakulásában [33, 34]. Szükségessé vált tehát az excentricitás pontosabb, nukleonokon alapuló definiálása, és az excentricitás fluktuációinak részletesebb matematikai vizsgálata is a Glauber-képben. Az erről szóló publikációnk [35] matematikai apparátusának kidolgozásában és ellenőrzésében jelentős szerepem volt. A PHOBOS-ban ezekről a számításokról terjedelmes belső dokumentumot készítettünk két szerzőtársammal. Ezután az adatkiértékelést tovább finomítottuk a nem elliptikus folyásból származó korrelációk szerepének vizsgálatával [36].

Ezen kívül a nagy transzverzális impulzusú hadronok és a többi töltött részecske korrelációit is vizsgáltuk Au+Au ütközésekben; ebben a munkában is bírálói, illetve ötletgazda szerepet töltöttem be. Megmutattuk, hogy a nagy transzverzális impulzusú trigger részecskével azonos azimutális irányban található többi részecske korrelál, mégpedig ez a korreláció legalább 4 egységnyi pszeudorapiditáskülönbség-tartományban is tisztán mérhető és tapasztalható (4. ábra). Ekkora η -tartományt csak a PHOBOS detektor tud átfogni a RHIC gyorsítónál. Az eredményekről a Quark Matter 2008 konferencián számoltunk be [37]. A végleges adatokat tartalmazó publikációt beküldtünk a *Phys. Rev. Letters* folyóiratba [38]. Ezeket az eredményeket a rangos Hard Probes 2008 konferencián és a High- p_T physics at LHC 2008 [39] és 2009 [40] konferencián is ismerttettem

¹ A másik, már elfogadott 'hazai' analízis a Siklér Ferenc kollégám és Krajczár Krisztián doktoranduszom által készített, töltött hadron spektrumokról szóló dokumentum. Ezen másik pályázatok keretében dolgozunk.

(meghívott előadás), valamint megjelent publikáció formájában is [8]. Ez a mérés kiválóan elvégezhető lesz a CMS detektorral is.

2006. decemberében meghívott előadást tartottam a nemzetközi Zimányi RHIC Iskolán azonosított részecskékről és az elliptikus folyás eseményenkénti fluktuációjáról a PHOBOS kísérletet képviselve [21]. Az ATOMKI szemináriumokon bemutattam az excentricitás- és elliptikus folyás-fluktuációkkal, valamint a nagy transzverzális impulzusú részecskékkal mért korrelációkkal kapcsolatos eredményeinket [41, 42]. Végül, a Quark Matter 2009 konferenciára készülve felkérést kaptam az inkluzív kétrészecske-korrelációs méréseinek belső bírálatára is (nehézion-ütközésekben). Ezzel kapcsolatban már van egy közlésre beküldött publikációnk [43].



4. ábra: Trigger ($p_T > 2.5$ GeV/c) részecskénként mért korrelált részecskehozam $\Delta\eta$ és $\Delta\phi$ függvényében, 0-30% centralitású Au+Au ütközésekben 200 GeV nukleonpáronkénti ütközési energián.

Egyéb tevékenység, tudomány-népszerűsítés

A fenti, szorosan vett kutatáson túl végeztem egyéb, tudomány-népszerűsítésnek mondható tevékenységeket is.

Ezek közül érdemes megemlíteni a Fizika Éve alkalmából a nagy energiájú magfizikai kutatásokat népszerűsítő ismeretterjesztő, Dr. Lévai Péter vezetésével készült, Duna TV által vetített filmet, melyben a PHOBOS kísérletet én mutattam be. 2006. július 17-21. között (és azóta évente) az ELTÉ-n nyári iskolát szerveztem "Atommagok ütközései" címmel, és ezen számos előadást tartottam. Célunk a fizikushallgatók bevonása a modern kísérleti mag- és részecskefizikába. Tartottam óriási érdeklődéssel kísért tudomány-népszerűsítő előadásokat középiskolákban, az országos Kutatók Éjszakája rendezvényein, az "Atomoktól a csillagokig" c. középiskolásoknak szóló előadássorozaton, a Tudományos Diákkör Hétvégéin, a középiskolásoknak szóló „Nukleáris Szaktábor”-ban, adtam TV- és rádió- és újság-riportokat, stb.

Megjegyzem még, hogy ez az ifjúsági OTKA pályázat – a kiírás értelmében – nem engedte meg más kutatók bevonását (támogatását), abból csak jómagam részesülhettem. A pályázat futamideje alatt oktatói (adjunktusi) állásom volt az ELTÉ-n, amely magában foglalt laborvezetést, laborfejlesztést, pályázást, jegyzet- és honlapírást, és heti 12-20 kontakt- (tanítási) órát, 100 fő fölötti évfolyamok vizsgáztatását. A megadott FTE értékben ezeket az elfoglaltságokat nem vettem figyelembe (az a kutatásra fordítható időm erre a pályázatra szánt hányadát tükrözi).

PUBLIKÁCIÓIM JEGYZÉKE (VÁLOGATÁS)

A) Azonosítatlan nagy transzverzális impulzusú töltött hadronok, jet-ek fizikája:

[1] Back BB; ...; Veres GI et al.: *Centrality dependence of charged hadron transverse momentum spectra in Au+Au collisions from $s(NN)^{1/2} = 62.4$ GeV to 200 GeV*, Phys.Rev.Lett.94:082304, 2005

[2] Veres GI et al.: *Hadron p_T spectra from 0.03 GeV/c to 6 GeV/c from PHOBOS*, Acta Phys.Hung.A22:197-206, 2005

[3] Veres GI: *Milestones and new results from the PHOBOS Experiment*, (előadás), Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 2007. dec. 5-7, <http://www.kfki.hu/~csorgo/school07>

[4] Alver B; ...; Veres GI et al.: *System size and centrality dependence of charged hadron transverse momentum spectra in Au+Au and Cu+Cu collisions at $s(NN)^{1/2} = 62.4$ -GeV and 200-GeV*, Phys.Rev.Lett. 96: 212301, 2006

[5] Back BB; ...; Veres GI et. al: *The PHOBOS perspective on discoveries at RHIC*, Nucl.Phys.A757:28-101, 2005

[6] Veres GI et al.: *Latest results from PHOBOS at RHIC*, ArXiv:hep-ex/0506041 (Moriond'05 plenary talk), 2005

[7] Veres GI: *Phobos Results and Perspectives (AGS- RHIC User's Meeting Plenary talk)*, http://www.bnl.gov/rhic_ag/users_meeting/Past_Meetings/2005/thurs_agenda.asp, 2005

[8] Veres GI et al.: *Recent results from PHOBOS on particle production at high p_T* , Eur.Phys.Journal C, DOI: 10.1140/epjc/s10052-009-0911-8, 2009

[9] d'Enterria D,..., Veres GI et al.: *CMS physics technical design report: Addendum on high density QCD with heavy ions*, J. Phys. G 34, 2307-2455, 2007

[10] Ballintijn M, Loizides C, Lokhtin I, Krajczár K, Roland C, Snigirev A, Veres GI: *Estimating the statistical reach for the charged particle nuclear modification factor in jet triggered heavy ion events*, CMS AN-2006/109 (CMS Analysis Note), 2006

[11] Krajczár K, Roland C, Veres GI: *Simulation of jet quenching observables in heavy ion collisions at the LHC*, International Journal of Modern Physics E 16 1937-1942, 2007

[12] Veres GI et al.: *Heavy ion physics at the LHC with CMS*, J.Phys.G 32: S567-S570, 2006

[13] Veres GI, Takács G: *"Indul az LHC!" Elméleti Fizikai Iskola (szervezés és előadás), Gyöngyöstarján, 2007. okt. 27-31.*, http://www.kfki.hu/~elftrfsz/iskola_2007.html, 2007

[14] Veres GI: *Jet quenching studies in CMS*, poszter - International Conference on Particles And Nuclei (PANIC08), November 9-14 2008, Eilat, Israel, 2008

[15] Veres GI: *Measurements of high- p_T probes in heavy ion collisions at CMS*, előadás, Quark Matter 2009 Conference, Mar 29-Apr 4, 2009, Knoxville, TN, USA, 2009

B) Azonosított töltött hadronok és arányaik:

[16] Back BB; ...; Veres GI et. al.: *Charged antiparticle to particle ratios near midrapidity in $p+p$ collisions at $s(NN)^{1/2}=200$ GeV*, Phys.Rev.C71:021901, 2005

[17] Back BB; ...; Veres GI et al.: *Identified hadron transverse momentum spectra in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=62.4$ GeV*, Phys. Rev. C75, 024910, 2007

[18] Alver B, ..., Veres GI et al.: *Identified charged antiparticle to particle ratios near midrapidity in Cu+Cu collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 62.4$ GeV and 200 GeV*, Phys. Rev. C 77, 061901, 2008

[19] Alver B, ..., Veres GI et al.: *Antiparticle to particle ratios and identified hadron spectra in Cu+Cu and Au+Au collisions*, J. Phys. G 34, S1103-1108, 2007

[20] Veres GI et al.: *Strangeness measurements with the PHOBOS Experiment*, J.Phys.G 32: S69-S76, 2006

[21] Veres GI: *Identified particle spectra and ratios from the PHOBOS experiment at RHIC*, (előadás), Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 2006. dec. 11-13., <http://zimanyischool.kfki.hu/06/>, 2006

C) Pszeudorapiditás-eloszlások:

[22] Back BB;...;Veres GI et al.: *Charged-particle pseudorapidity distributions in Au+Au collisions at $s(NN)^{1/2} = 62.4$ GeV*, Phys.Rev. C 74: 021901, 2006

[23] Hollis RS;...;Veres GI et al.: *Charged particle multiplicity distributions from $p+p$ to Au+Au collisions at RHIC*, Rom.Rep.Phys. 58: 37-41, 2006

[24] Iordanova A;...;Veres GI et al.: *Measuring mid-rapidity multiplicity in PHOBOS*, J.Phys.Conf.Ser. 5: 97-104, 2005

[25] Alver B, ..., Veres GI et al.: *System size, energy and centrality dependence of pseudorapidity distributions of charged particles in relativistic heavy ion collisions*, e-Print: arXiv:0709.4008 (közlésre elfogadva, Phys. Rev. Lett.), 2009

[26] Veres GI et al.: *System size, energy, centrality and pseudorapidity dependence of charged-particle density in Au+Au and Cu+Cu collisions at RHIC*, e-Print: arXiv:0806.2803 (közlésre beküldve, Indian Journal of Physics), 2009

- [27] Veres GI: *Bulk hadron production at high rapidities*, Nucl.Phys. A 774: 287-296, 2006
- [28] Veres GI: *RHIC results and projects*, Four Seas Conference, Physique sans frontieres, Iasi, Romania, 29 May- 3 June, 2007 (meghívott előadás), 2007
- [29] Veres GI: *Skálázási tulajdonságok nehézion-ütközésekben*, (előadás), ELFT Fizikus Vándorgyűlés, Eger, 2007. aug. 22-24. <http://yifter.elte.hu>, 2007
- [30] Alver B, ..., Veres GI et al.: *Scaling properties in bulk and p_T -dependent particle production near midrapidity in relativistic heavy ion collisions*, e-Print: arXiv:0808.1895 (közlésre beküldve, Phys. Rev. C), 2009
- [31] Krajczár K and Veres GI: *Pseudorapidity distributions of charged hadrons in minimum bias p - p collisions at $\sqrt{s} = 14$ TeV*, CMS Physics Analysis Summary CMS QCD-08-004, <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/CMS/PhysicsResults>, 2008
- [32] Veres GI: *Preparation for the first p + p physics with the CMS experiment and the plans of the CMS Heavy Ion group*, (előadás), Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 2008. nov. 25-28, <http://zimanyischool.kfki.hu/08/>, 2008
- D)** Korrelációk (pl. nagy transzverzális impulzusú trigger-részecskékkel), fluktuációk (pl. elliptikus folyás fluktuációi):
- [33] Alver B, ..., Veres GI et al.: *Elliptic flow fluctuations in $s(NN)^{1/2}=200$ GeV Au+Au collisions at RHIC*, Journal of Physics G 34, S907-S910, 2007
- [34] Alver B, ..., Veres GI et al.: *Elliptic flow fluctuations in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV*, e-print: nucl-ex/0702036 (közlésre beküldve, Phys. Rev. Letters), 2009
- [35] Alver B; ...; Veres GI et al.: *The Importance of Correlations and Fluctuations on the Initial Source Eccentricity in High-Energy Nucleus-Nucleus Collisions*, Phys. Rev. C 77, 014906, 2008
- [36] Alver B; ...; Veres GI et al.: *Non-flow correlations and elliptic flow fluctuations in Au+Au collisions at $s(NN)^{1/2} = 200$ -GeV*, J. Phys. G 35, 104101, 2008
- [37] Alver B, ..., Veres GI et al.: *High p_T Triggered Delta-eta, Delta-phi Correlations over a Broad Range in Delta-eta*, Journal of Physics G 35, 104080, 2008
- [38] Alver B, ..., Veres GI et al.: *High transverse momentum triggered correlations over a large pseudorapidity acceptance in Au+Au collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV*, (közlésre beküldve, Phys. Rev. Letters), 2009
- [39] Veres GI et al.: *Correlations with a high- p_T trigger over a broad eta range*, PoS HIGHPTLHC (beküldve), 2009

[40] Veres GI: *Correlation and multiplicity measurements from RHIC to the LHC* (előadás), 4th International Workshop on High-pT physics at LHC 09, Prague, Czech Republic, 2009. feb. 4-7, <http://cquark.fjfi.cvut.cz/~hpt09/program.html>

[41] Veres GI: *Korrelációk mérése nehézion-ütközésekben nagy transzverzális impulzusú részecskékkel*, <http://namafia.atomki.hu/~mate/given.html>, 2008

[42] Veres GI: *Az elliptikus folyás és az excentricitás fluktuációi nehézion-ütközésekben*, <http://namafia.atomki.hu/~mate/given.html>, 2008

[43] Alver B, ..., Veres GI et al.: *System size dependence of cluster properties from two-particle angular correlations in Cu+Cu and Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV*, e-print: arXiv:0812.1172 (közlésre beküldve, Phys. Rev. C), 2009

KONFERENCIÁK, ELŐADÁSOK JEGYZÉKE

Nemzetközi konferenciák:

[K1] Veres GI: *Latest results from PHOBOS at RHIC*, meghívott plenáris előadás, 40th Rencontres de Moriond, La Thuile, Italy, 12-19 March, 2005. <http://moriond.in2p3.fr/QCD/2005/IndexT.html>

[K2] Veres GI: *PHOBOS: status and perspectives*, meghívott plenáris előadás, 2005 RHIC & AGS Annual Users' Meeting, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY, USA, 20-24 June, 2005. http://www.bnl.gov/rhic_ags/users_meeting/Past_Meetings/2005/thurs_agenda.asp

[K3] Veres GI: *Bulk hadron production at high rapidities*, meghívott plenáris előadás, Quark Matter 2005 Conference, Budapest, 4-9 August, 2005. <http://qm2005.kfki.hu/>

[K4] Veres GI: *Bulk hadron production at high rapidities, Recent Results from PHOBOS and BRAHMS*, meghívott előadás, 5th Budapest Winter School on Heavy Ion Physics, 5-7 Dec, 2005. <http://www.hef.kun.nl/~novakt/school05/>

[K5] Veres GI: *Heavy Ion Physics with the CMS experiment at the LHC*, meghívott előadás, International Conference on Strangeness in Quark Matter, UCLA, Los Angeles, USA, 26-31 March, 2006. <http://home.physics.ucla.edu/calendar/conferences/sqm2006/agenda/index.htm>

[K6] Veres GI: *Strangeness measurements with the PHOBOS experiment*, meghívott előadás, International Conference on Strangeness in Quark Matter, UCLA, Los Angeles, USA, 26-31 March, 2006. <http://home.physics.ucla.edu/calendar/conferences/sqm2006/agenda/index.htm>

[K7] Veres GI: *Antiparticle to particle ratios and identified hadron spectra in Cu+Cu and Au+Au collisions*, előadás, Quark Matter 2006, Shanghai, China, 14-20 Nov, 2006. <http://www.sinap.ac.cn/qm2006/scientific.html>

[K8] Veres GI: *Simulation of Jet Quenching Observables in Heavy Ion Collisions at the LHC*, poszter, Quark Matter 2006, Shanghai, China, 14-20 Nov, 2006.
<http://www.sinap.ac.cn/qm2006/scientific.html>

[K9] Veres GI: *Identified particle spectra and ratios from the PHOBOS experiment at RHIC*, előadás, Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 11-13 Dec, 2006,
<http://zimanyischool.kfki.hu/06/>

[K10] Veres GI: *RHIC Results and Projects*, meghívott előadás, Four seas conference, Iași, Romania, May 29-June 3, 2007
<http://lemoine.home.cern.ch/lemoine/psfweb/Iasi-prog-21mars.pdf>

[K11] Veres GI: *Milestones and new results from the PHOBOS Experiment*, előadás, Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 5-7 Dec, 2007.
<http://www.kfki.hu/~csorgo/school07/>

[K12] Veres GI: *System size, energy, centrality and pseudorapidity dependence of charged-particle density in Au+Au and Cu+Cu collisions at RHIC*, poszter, Quark Matter 2008 Conference, Jaipur, Rajasthan, India, 4-10 Feb, 2008.
<http://www.veccal.ernet.in/qm2008.html>

[K13] Veres GI: *Correlations with a high- p_T trigger over a broad η range*, előadás, 3rd International Workshop on High- p_T Physics at the LHC, Tokaj, 16-19 March, 2008.
<http://www.kfki.hu/~tokaj08/program.html>

[K14] Veres GI: *High- p_T results from PHOBOS*, meghívott plenáris előadás, 3rd International Conference on Hard and Electromagnetic Probes of High-Energy Nuclear Collisions, Illa da Toxa, Galicia, Spain, 8-14 June, 2008.
<http://www-fp.usc.es/hp2008/HP2008.html>

[K15] Veres GI: *Jet quenching studies in CMS*, poszter, International Conference on Particles and Nuclei (PANIC08), Eilat, Israel, 9-14 Nov, 2008.
<http://www.weizmann.ac.il/conferences/panic08/>

[K16] Veres GI: *Preparation for the first p+p physics with the CMS experiment and the plans of the CMS Heavy Ion group*, előadás, Zimányi Winter School on Heavy Ion Physics, Budapest, 25-28 Nov, 2008.
<http://zimanyischool.kfki.hu/08/>

[K17] Veres GI: *Correlation and multiplicity measurements from RHIC to the LHC*, előadás, 4th International workshop on High- p_T physics at LHC'09, Prague, Czech Republic, 4-7 Feb, 2009.
<http://cquark.fjfi.cvut.cz/~hpt09/program.html>

[K18] Veres GI: *Measurements of high- p_T probes in heavy ion collisions at CMS*, előadás, Quark Matter 2009 Conference, Mar 29-Apr 4, 2009, Knoxville, TN, USA, 2009
<http://www.phy.ornl.gov/QM09/>

+ további számos előadás PHOBOS és CMS kollaborációs meetingeken, stb.

Magyar nyelvű előadások:

[K19] Veres GI: *A világ legsűrűbb anyagának előállítása nehézion-ütközésekben*, előadás, Ortway Kollokvium, ELTE, Budapest, 2006. október 12.
http://ortway-koll.elte.hu/Programs/2006_fall.htm

[K20] Veres GI: *A világ legsűrűbb anyagának előállítása nehézion-ütközésekben*, előadás, Biológiai Fizikai Tanszéki Szeminárium, ELTE, Budapest, 2007. május 3.

[K21] Veres GI: *Skálázási tulajdonságok nehézion-ütközésekben*, előadás, ELFT Fizikus Vándorgyűlés, Eger, 2007. augusztus 22-24. <http://yifter.elte.hu/>

[K22] Veres GI: *Hadronfizika a CERN CMS kísérletében*, előadás, TDK hétvége, Pécs, 2007. október 12-14. <http://ludens.elte.hu/~tdkinfo/tdk7v/tdk7v07.html>

[K23] Veres GI: *Hadronfizika a CMS kísérletben*, előadás, Indul az LHC! Elméleti Fizikai Iskola, Gyöngyöstarján, 2007. október 27-31.
http://www.kfki.hu/~elftrfsz/iskola_2007.html

[K24] Veres GI: *Milyen eszközökkel figyelhetők meg a világ legkisebb alkotórészei?*, előadás, Az atomoktól a csillagokig előadássorozat, Budapest, 2007. december 20.
<http://www.atomcsill.elte.hu/program/>

[K25] Veres GI: *Korrelációk és fluktuációk a nehézion-fizikában*, előadás, Eötvös Loránd Fizikai Társulat Részecskefizikai Szeminárium, Budapest, 2008. április 2.
<http://www.kfki.hu/~elftrfsz/szem.html>

[K26] Veres GI: *Korrelációk mérése nehézion-ütközésekben nagy transzverzális impulzusú részecskékkel*, előadás, ATOMKI szeminárium, Debrecen, 2008. május 8.
<http://namafia.atomki.hu/~mate/given.html>

[K27] Veres GI: *Az elliptikus folyás és az excentricitás fluktuációi nehézion-ütközésekben*, előadás, ATOMKI Szeminárium, Debrecen, 2008. május 15. <http://namafia.atomki.hu/~mate/given.html>

[K28] Veres GI: *Részecskegyorsítók, Kísérleti adatok hibaszámítása*, előadások, Atommagok Ütközései Nyári Iskola, Budapest, 2008. július 4-9.
<http://ludens.elte.hu/~magfizika/aunyi8/autkprog.html>

[K29] Veres GI: *Részecske- és magfizikai kutatások a CERN-ben*, előadás, II. Nukleáris Szaktábor, Göd-Budapest, 2008. július 6-11.
http://mnt.kfki.hu/Tabor/DL/Program_2008_DRAFT.pdf

[K30] Veres GI: *A Nagy Hadron Ütköztető – a fizika új fejezete*, előadás, Kutatók Éjszakája, Budapest, 2008. szeptember 26.
<http://kutatokejszakaja.hu/index.php?page=3&id=645&reszlet=reszlet>

[K31] Veres GI: *A Nagy Hadron Ütköztető – a fizika új fejezete*, előadás, Középiskolai Matematikai Lapok Ankét, Budapest, 2008. november 16.
<http://www.komal.hu/hirek/anket/2008/program2008.h.shtml>

A költségtervtől való eltérések indoklása

A pályázat végső egyenlege **ezer Ft egységekben** a pénzügyi beszámoló alapján (ahol eltérés van a tervtől):

napidíj	281
munkaadói járulékok	84
külföldi utazás költségei	-594
készletbeszerzés	31
egyéb költségek	-79
befektetett eszközök	278

2007. áprilisában azonban kértem egy átcsoportosítást amiatt, hogy azoknak a konferenciáknak a száma, ahová meghívást kaptam, nagyobb volt az előre tervezettnél, viszontapidíjra nem volt a tervezett mértékben szükségem. Kértem, hogy aapidíjból 250 eFt-ot, a készletbeszerzésből 155 eFt-ot, az egyéb költségekből 45 eFt-ot, tehát összesen 450 eFt-ot csoportosítsanak át a külföldi utazás kategóriába. Erre ugyan engedélyt kaptam, de ez nem tükröződik az elszámolásban. Ezzel (az átrendezettapidíj járulékait is a külföldi utazásba átrendezve) az alábbi végső egyenleg alakul ki:

napidíj	31
munkaadói járulékok	9
külföldi utazás költségei	-69
készletbeszerzés	-124
egyéb költségek	-124
befektetett eszközök	278

A befektetett eszközök kategóriában tervezett laptop-vásárlás megvalósult, de időközben az árak csökkenése miatt az ára csak 91 eFt volt, ami a 100 eFt-os technikai határ alá kerülve így a készletbeszerzés kategóriába került. Ha azonban mégis a befektetett eszközökhöz számítjuk, az eltérések a tervezettől már nem jelentősek. Az eltéréseket a tervezett összeg százalékában is feltüntettem:

napidíj	31	4 %
munkaadói járulékok	9	3 %
külföldi utazás költségei	-69	7 %
készletbeszerzés	-33	12 %
egyéb költségek	-124	52 %
befektetett eszközök	187	62 %

Jelentősebb százalékos eltérés csak az egyéb költségek és a befektetett eszközök kategóriában marad. A befektetett eszközöknél az eltérés oka a tervezettnél olcsóbb laptop vásárlása. Az amúgy is kis összegre tervezett egyéb költségeknél az eltérés oka az, hogy 2005-ben a budapesti Quark Matter konferencián a részvételi költséget csak az egyéb költséghez lehetett elszámolni, és más belföldi konferenciákon is részt vettem, szintén az egyéb költségeket terhelve. Öt éve, a pályázat beadásakor sajnos figyelmen kívül hagytam, hogy ezek a részvételi díjak nem a „külföldi utazás, konferencián való részvétel dologi kiadásai” kategóriában, hanem az „egyéb” kategóriában kell, hogy elszámolásra kerüljenek.